

LUCRAREA NR. 11

STUDIUL ȘI VERIFICAREA ÎNTRERUPĂTOARELOR CU ULEI PUȚIN DE MEDIE TENSIUNE

11.1. Caracteristici constructive și funcționale. Parametri nominali

Întreprupătoarele de medie tensiune sunt echipamente de comutație destinate utilizării în instalații trifazate cu tensiuni nominale cuprinse în domeniul 1÷36 kV, capabile să stabilească, să suporte și să întrerupă curenți corespunzători atât regimurilor normale de sarcină cât și de defect (de scurtcircuit).

Întreprupătoarele suportă, pe durate nelimitate, curenți având intensitatea cel mult egală cu cea nominală, supracurenții (de suprasarcină și de scurtcircuit) fiind menținuți doar pe durate limitate.

Principalii parametri nominali ai întrerupătoarelor de medie tensiune sunt:

1. Tensiunea nominală, [kV]. Reprezintă tensiunea de funcționare în regim nominal a echipamentului și corespunde valorii maxime de serviciu a tensiunii rețelei.

Tensiunea nominală a întrerupătoarelor de medie tensiune fabricate în România are, în mod obișnuit una din valorile: 7,2 – 12 – 24 kV (valoare efectivă, măsurată între faze)

2. Nivelul de izolație nominal. Se exprimă prin valorile tensiunilor de ținere la unda normală de impuls de 1,2/50 μs (vezi Lucrarea nr. 4) și la supratensiuni de frecvență industrială, pe care izolația întrerupătorului trebuie să le suporte fără conturnări și străpungeri.

De exemplu, izolația unui întrerupător cu tensiunea nominală de 12 kV trebuie să reziste, în condițiile precizate, la unde normale de impuls de tensiune cu valoarea de vârf de 75 kV și timp de 1 minut, la tensiunea de frecvență industrială de 35 kV_{ef}.

3. Curentul nominal în serviciu continuu. Are valorile limitate de temperaturile admisibile ale căilor de curent, stabilite pentru solicitarea termică de lungă durată. Intensitatea curentului nominal poate lua una din valorile: 400, 630, 800, 1250, 1600, 2000, 2500, 3150, 4000, 5000, 6000 A.

Valorile nominale ale tensiunii și curentului sunt date pentru frecvența nominală, care poate fi de 50 Hz sau 60 Hz.

4. Capacitatea nominală de rupere la scurtcircuit. Este definită ca valoarea maximă a intensității curentului de scurtcircuit pe care întrerupătorul îl poate întrerupe funcționând la tensiunea nominală și în condiții prescrise privind tensiunea tranzitorie de restabilire, /1/.

Capacitatea nominală de rupere la scurtcircuit se exprimă prin două valori ale curentului de rupere, măsurate în momentul separării contactelor; valoarea efectivă a componentei periodice, I_{pr} , respectiv valoarea componentei aperiodice, considerată procentual prin raportare la valoarea de vârf $\sqrt{2}I_{pr}$

Aprecierea capacității nominale de rupere la scurtcircuit se poate face și în funcție de puterea de rupere, S_{pr} , definită prin relația :

$$S_{pr} = \sqrt{3}U_n I_{pr}, \quad (11.1)$$

U_n fiind tensiunea nominală.

Drept parametri ai unui întrerupător se consideră de asemenea capacitățile nominale de rupere privind întreruperea liniilor electrice aeriene și în cablu funcționând în gol, întreruperea în cazul discordanței de fază și întreruperea bateriilor de condensatoare.

5. Capacitatea nominală de închidere la scurtcircuit. Reprezintă valoarea de vârf maximă a curentului de scurtcircuit (curent de șoc) pe care întrerupătorul îl poate stabili fără sudarea contactelor sau fără alte degradări mecanice.

Între capacitățile de închidere, respectiv de rupere la scurtcircuit există relația:

$$i_l = \sqrt{2}k_s I_{pr} \quad (11.2)$$

k_s fiind factorul de șoc sau de lovitură. Pentru valorile curenți $k_s = 1,75 \div 1,80$ din relația (11.2) rezultă:

$$i_l = 2,5I_{pr} \quad (11.3)$$

Verificarea condiției privind capacitatea de închidere nominală la scurtcircuit coincide cu îndeplinirea condițiilor referitoare la stabilitatea electrodinamică a întrerupătorului, /1/.

6. Durata admisibilă nominală de menținere a curentului de scurtcircuit. Precizează valoarea admisibilă a solicitării termice la scurtcircuit a întrerupătorului și reprezintă intervalul de timp în care căile de curent pot suporta un curent de scurtcircuit având intensitatea I_{pr} ; valorile standardizate ale acestei durate, limitate de momentul atingerii temperaturii admisibile la scurtcircuit, sunt de 1 s sau de 3 s.

7. Secvența nominală de manevre. Reprezintă posibilitățile admise pentru acționarea întrerupătorului în caz de defect (scurtcircuit). Întrerupătoarele fabricate în România trebuie să execute următoarele două secvențe nominale:

- D-180 s – ID-180 s – ID, pentru întrerupătoarele ce nu funcționează în regim de declanșare automată rapidă (RAR);
- D-0,3s – ID – 180s – ID, pentru întrerupătoarele ce funcționează în regim RAR

D - reprezintă operația de deschidere, iar ID - operația de închidere, urmata imediat de operația de deschidere a întrerupătorului.

8. Durata nominală de închidere. Este intervalul de timp dintre momentul în care mărimea ce lucrează asupra dispozitivului de acționare a întrerupătorului atinge valoarea de lucru și momentul în care contactele întrerupătorului se separă, întrerupând circuitele la toți polii.

9. Durata nominală de deschidere. Este intervalul de timp dintre momentul în care mărimea ce lucrează asupra dispozitivului de acționare a întrerupătorului atinge valoarea de lucru și momentul în care contactele întrerupătorului se separă, întrerupând circuitele la toți polii.

10. Durata nominală de întrerupere. Este intervalul de timp în care mărimea ce lucrează asupra dispozitivului de acționare atinge valoarea de lucru și sfârșitul circulației de curent la toți polii.

Durata nominală de întrerupere reprezintă suma dintre durata nominală de deschidere și durata arderii arcului electric de deconectare.

11.2. Întrerupătoare cu ulei puțin de medie tensiune de tip IO

Întrerupătoarele cu ulei puțin de medie tensiune se fabrică în construcție tripolară, cei trei poli fiind amplasați pe un sașiu comun pe care se găsește și mecanismul de acționare.

Fiecare pol este constituit din elementele constructive de bază ale unui întrerupător și anume :

- calea de curent;
- camera de stingere;
- dispozitivele electroizolante;
- elementele de rezistență mecanică și de transmisie a mișcării la contactul mobil.

11.2.1. Căile de curent

Elementele componente ale unei căi de curent, funcționând în ulei, într-o cuvă din steclotextolit rulat, sunt reprezentate în figura 11.1.

Tija 1 a contactului mobil, realizată din cupru, este argintată pe suprafața laterală, în zonele de contact; piesa 2, din aliaj Cu-W rezistent la uzură electrică, are rolul de a prelua extremitatea arcului electric la deconectare. Contactul fix de tip tulipă este compus din piesele de contact 3, arcurile presoare 4, caseta metalică de protecție 5 și armatură din Cu-W 6, care preia extremitatea arcului electric.

Calea de curent este întregită prin contactele alunecătoare 7 și bornele de racord 8, ultimele situate în exteriorul cuvei; cu 9 s-a notat camera de stingere.

Construcția detaliată a contactului de tip tulipă este reprezentată în figura 11.2, unde s-a notat:

- 1- tija mobilă de contact;
- 2- armătură de protecție din Cu-W;
- 3- punți de contact din cupru argintat;
- 4- resorturi lamelare;
- 5- casetă cilindrică din aluminiu;
- 6- inel de protecție din Cu-W;
- 7- tija contactului fix;
- 8- bucsă metalică;

O construcție particulară a căilor de curent, figura 11.3, este întâlnită la întrerupătoarele de medie tensiune tip IO pentru curenții nominali de 2500 A și mai mult, care au conectat, în paralel cu polul principal I (întrerupător), un pol separator, S. Cei doi poli funcționează în cuvele cu ulei 1, 2, cu cameră de stingere fiind prevăzut doar polul întrerupător I. Un dispozitiv de echilibrare electromagnetică, cu transformatoare de curent, asigură egalizarea repartiției curentului pe cele două ramuri conectate în paralel. Corelarea operațiilor de comutație se face pe cale mecanică, astfel încât polul separator S să poată fi acționat numai dacă polul întrerupătorului I este închis.

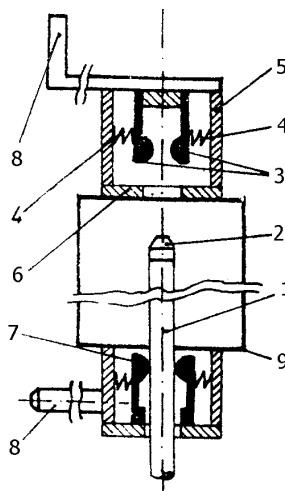


Fig. 11.1: Calea de curent a unui întrerupător de medie tensiune de tip IO.

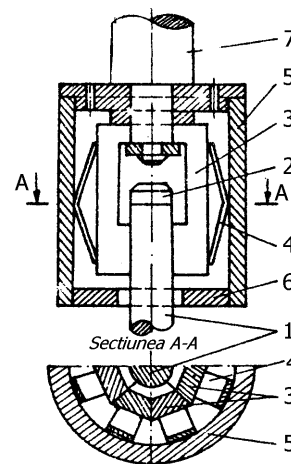


Fig. 11.2: Contact de tip tulipă.

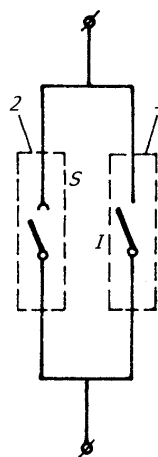


Fig. 11.3: Construcție particulară a căilor de curent

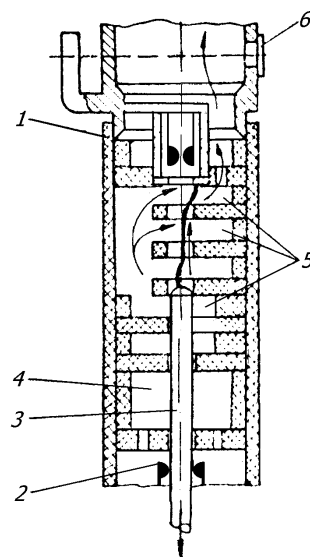


Fig. 11.4: Structura de principiu a unei camere de stingere.

11.2.2. Dispozitive de stingere a arcului electric

Stingerea arcului electric de deconectare se obține într-un volum limitat de ulei obținut în camera de stingere, figura 11.4., care funcționează pe principiul expandării uleiului.

Camera de stingere, amplasată între contactele 1- fix și 2- alunecător, este confecționată din plăci electroizolante astfel încât în interior se obțin nișele circulare 5, având orificiul central străbătut de tija 3 a contactului mobil. Uleiul mineral 4 umple cuva polului, nivelul acestuia fiind controlat din exterior prin vizorul 6. La deconectare, sub acțiunea arcului electric, uleiul din vecinătatea coloanei acestuia se descompune și se evaporă, presiunea $p(t)$ a gazelor astfel

obținute fiind crescătoare în timp, figura 11.5.

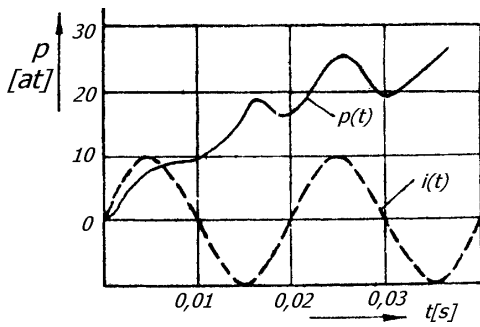


Fig. 11.5: Expandarea uleiului.

La anularea intensității $i(t)$ a curentului, căldura dezvoltată de arc este nulă și presiunea $p(t)$ scade; în aceste momente are loc expandarea (evaporarea la suprafață) a uleiului supraîncălzit. Vaporii antrenează și curenți turbulenți de ulei, care activează deionizarea.

Disponerea nesimetrică a nișelor, figura 11.4, conduce la obținerea unui suflaj combinat, longitudinal și transversal, vaporii și gazele de descompunere deplasându-se pe traseele indicate prin săgeți.

Vaporii și gazele ionizate părăsesc volumul uleiului și pătrund într-o camera de detentă unde vaporii condensează; uleiul rezultat revine în camera de stingere, iar gazele sunt eșapate.

O secțiune prin partea activă a unui întrerupător de medie tensiune tip IO cu pol separator este reprezentată în figura 11.6.

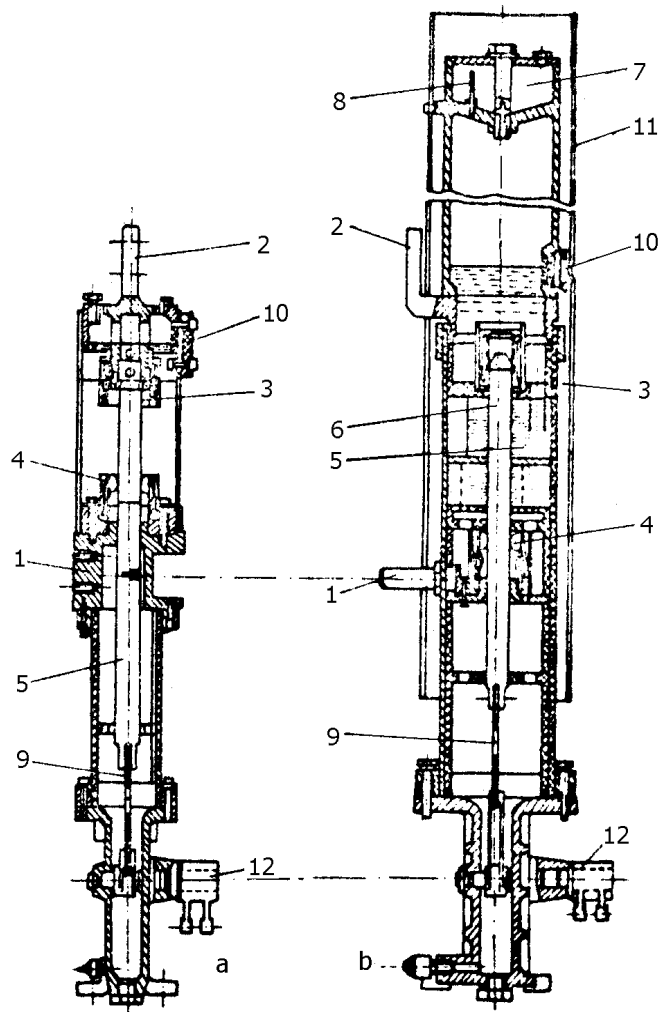


Fig. 11.6: Secțiune prin polul separator (a) și polul întrerupător (b) ale unui întrerupător IO: 1, 2 - borne de conexiuni, 3-contact fix de tip tulipă, 4 - contact alunecător de tip tulipă, 5 - tijă contact mobil, 6 - cameră de stingere, 7 - camera de detentă, 8 - jiglor de eșapare, 9 - tijă electroizolantă, 10-vizor nivel ulei, 11-ecran electroizolant, 12-axul manivelei de transmisie a mișcării.

11.2.3. Mecanismul de acționare

Mecanismul de acționare care echipează variantele IO, IO-B, IO-M este de tip MRI, cu acumulare de energie în resorturi; întrerupătoarele IO-AP sunt acționate pneumatic.

În figura 11.7 este reprezentată schema cinematică a mecanismului MRI-3.

Închiderea întrerupătorului și tensionarea resortului de deschidere 24 se obține pe seama energiei acumulate în resortul de tracțiune 1. Tensionarea resortului acumulator 1 se poate face manual, prin rotirea manivelei 5 sau cu ajutorul electromotorului 2-1, în figura 11.7 resortul 1 este reprezentat în stare tensionată.

Comanda de închidere a întrerupătorului se poate da de la distanță, prin excitarea bobinei 12. La una din aceste comenzi, clichetul 7-2 se rotește în jurul axului 7 și eliberează clichetul 8-1 care, rotindu-se în jurul axului 8 eliberează rola 6-1, permițând volantului 6-3 și roții 4 să se rotească în sens invers trigonometric sub acțiunea resortului 1, care se destinde.

11.3. Programul lucrării

11.3.1. Studiul construcției întrerupătoarelor de medie tensiune cu ulei puțin

Se studiază construcția întrerupătoarelor existente la laborator, identificându-se elementele componente ale căilor de curent, dispozitivelor de stingere a arcului electric și ale mecanismului de acționare. Se notează și parametrii nominali al întrerupătoarelor studiate.

11.3.2. Măsurarea rezistenței de izolație a pieselor din circuitul principal de înaltă tensiune

Proba se execută cu ajutorul unui megohmmetru de 2,5 kV sau 5 kV, care are limita maximă a scalei mai mare de 10^4 MΩ. Rezistența de izolație a coordonatelor trebuie să depășească domeniul maxim de măsurare al megohmmetrului.

Măsurările se efectuează pentru fiecare pol în parte după cum urmează:

- cu întrerupătorul deschis, se măsoară rezistența de izolație între contacte, figura 11.9a;
- cu întrerupătorul închis, se măsoară rezistența de izolație între calea de curent și pământ, figura 11.9b.

Valorile minime ale rezistenței de izolație, citite la un minut de la aplicarea tensiunii, trebuie să fie mai mari decât cele admisibile, precizate în tabelul 11.1.

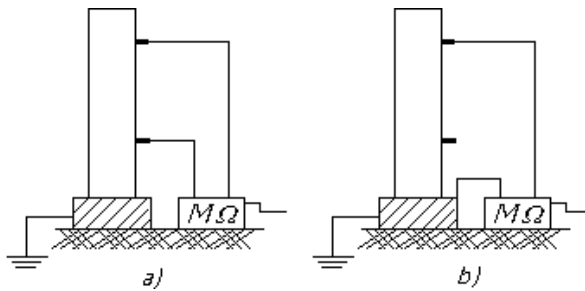


Fig. 11.9: Măsurarea rezistenței de izolație.

Tabelul 11.1.

Întrerupător tip.....		$U_n = \dots\dots\dots$ [kV]		
Rezistența de izolație, [MΩ]				
	Valori măsurate :			Valoarea minimă admisibilă în exploatare:
	Faza R	Faza S	Faza T	
Între contacte				300MΩ ,pt. $3kV \leq U_n \leq 10kV$
Față de pământ				1000MΩ, pt. $15kV \leq U_n \leq 35kV$

11.3.3. Măsurarea rezistenței pe pol

Rezistența pe pol se determină prin măsurarea căderilor de tensiune pe fiecare pol, vezi figura 11.10, cu întrerupătorul închis și parcurs de un curent continuu de intensitate $100A \leq I_c \leq I_n$, unde I_n este intensitatea curentului nominal. Rezistența pe pol se calculează cu relația :

$$R_p = \frac{U_p [V]}{I_c [A]}, [\Omega] \tag{11.4}$$

Valorile măsurate nu trebuie să depășească cu mai mult de 50% pe cele de referință./2/.

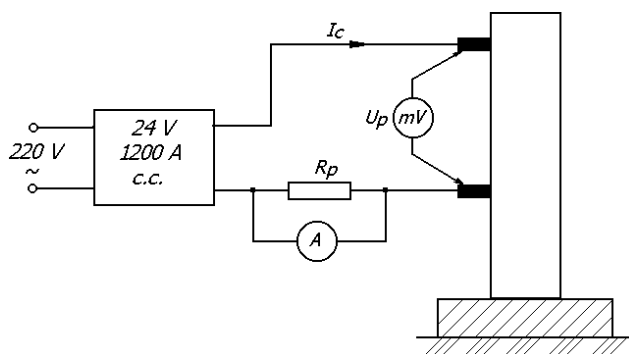


Fig. 11.10: Schema montajului pentru măsurarea rezistenței pe pol.

11.3.4. Studiul construcției și funcționării mecanismului de acționare

Se identifică mecanismul de acționare. Se studiază construcția acestuia și a lanțului cinematic de transmisie a mișcării de la axul de ieșire la contactele mobile ale întrerupătorului. După o armare manuală a resortului principal, se urmărește funcționarea întrerupătorului la comenzile de închidere-deschidere date de pe aparat.

Se studiază schema electrică a mecanismului de acționare, reprezentată în figura 11.11a; după o armare cu electromotorul a resortului principal, se urmărește funcționarea întrerupătorului la comenzi date pe cale electrică.

OBSERVAȚIE: Este strict interzisă atingerea părților mecanismului și ale întrerupătorului atunci când resorturile de închidere-deschidere sunt armate sau când schema electrică de comandă se găsește sub tensiune.

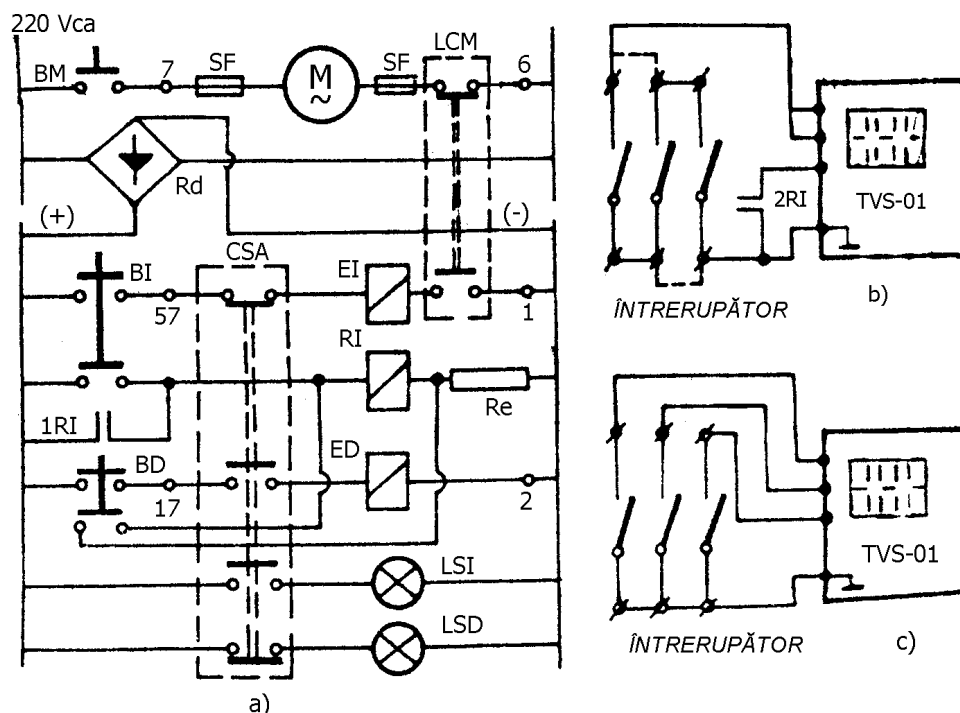


Fig. 11.11: Schema electrică a mecanismului de acționare.

11.4. Conținutul referatului

- 6.1. Schemele electrice ale montajelor utilizate pentru încercări;
- 6.2. Tabelul de date 11.1, completat;
- 6.3. Trasate grafic, curbele $U(I)$, $f_a(U)$, $f(\delta)$, $\tilde{f}_a(\delta)$ pentru electromagnetul de c.a. și $U(I)$, $F_a(I)$, $I(\delta)$, $F_a(\delta)$ pentru electromagnetul de c.c.; pentru facilitarea comparațiilor, curbele de aceeași formă determinate în curent atât alternativ cât și continuu, se trasează în același sistem de axe.
- 6.4. Observații și concluzii privind studiul întrerupătoarelor de medie tensiune cu ulei puțin.

11.5. Bibliografie

- /1/ Baraboi A., Echipamente electrice, curs. Institutul politehnic Iași, 1989, p.145-149;
- /2/ Gheorghiu Ioan, Popa Sorin Eugen, Puiu-Berizintu Mihai, "Echipamente electrice pentru centrale, stații și posturi de transformare", Ed. Tehnica-Info Chișinău, 2003.